УДК 591.1 : 595.78

ДИНАМИКА ЖИРОВОГО ОБМЕНА У КУКОЛОК ТУТОВОГО, ДУБОВОГО И НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Н. Н. Синицкий, И. М. Киреева

(Институт зоологии АН УССР)

Методы экологической физиологии позволяют решать различные вопросы экологии насекомых и управлять их индивидуальным развитием. Один из основных методов исследования в этой области — выяснение изменений в физиологических и биохимических процессах, протекающих в организме насекомых, при воздействии различных факторов внешней среды.

Влиянию отдельных факторов на насекомых на определенных этапах их развития посвящено множество исследований. Но влияние различных сочетаний факторов изучено еще недостаточно. В частности, мало работ в области эколого-физиологического исследования фазы куколки полезных насекомых (тутового и дубового шелкопрядов), а физиологические особенности развивающейся куколки непарного шелкопряда почти не изучены.

В настоящей работе приведены результаты изучения действия света и температуры в различных сочетаниях на динамику жирового обмена у куколок указанных видов.

Экспериментальные исследования насекомых с различной биологией и относящихся к различным семействам — настоящие шелкопряды (Bombycidae), сатурнии (Attacidae) и волнянки (Orgyidae) — позволяют установить сходство и различия в процессе развития куколки как фазы индивидуального развития у различных чешуекрылых.

Процессы метаморфоза и жизнедеятельности куколки связаны с непрерывным потреблением энергии и различных веществ. Значение жиров в общем обмене веществ исключительно велико. Жировой обмен обеспечивает нормальное течение энергетических процессов в организме, особенно во время линьки и при метаморфозе. На единицу веса жиры содержат по сравнению с белками и углеводами вдвое больше потенциальной энергии. К тому же углеводные резервы могут быть израсходованы в течение нескольких часов, а депонированный жир обеспечивает энергию на более длительный период.

Содержание жира в фазе куколки у различных насекомых изменяется по-разному. Некоторые насекомые синтезируют жир в течение всей фазы куколки, превращая в него другие резервные вещества, Так, у *Lucilia sericata* Mg, жировые резервы, накопленные в фазе личинки, исчезают перед ее концом, а количество жира, необходимое для метаморфоза, синтезируется в начале фазы куколки (Evans, 1932).

У других насекомых, наоборот, жир расходуется в фазе куколки. Так, *Gastrophilus intestinalis* L. расходует жир в течение нескольких дней после окукливания (Levenbook, 1951). У *Musca domestica* L. (Jansky, 1955), *Hyphantria cunea* (Gere, 1956, 1964) количество жира быст-

ро уменьшается в начальный и конечный периоды и незначительно в средний период развития куколки.

Для изучения влияния фототермических условий на динамику жирового обмена у куколок чешуекрылых были использованы куколки китайского дубового шелкопряда моновольтинной расы (*Antheraea pernyi* G. M.), куколки поливольтинной породы 09 тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L.) и куколки непарного шелкопряда (*Porthetria dispar* L.).

Опыты по изучению влияния фототермических условий на развитие куколок ставили в специальных боксах с автоматическим регулированием температуры. Освещение регулировали вручную. Источником света служили лампы ДС-30, освещенность составляла 460—500 *лк*. Влияние светового фактора изучали в пяти вариантах: круглосуточное освещение, освещение в течение 17, 12, 7 часов и круглосуточная темнота. В каждом варианте исследования проводили при температурах 16, 18, 22, 25, 28 и 32°. Относительная влажность воздуха в боксах поддерживались в пределах 70%. В каждом варианте исследовалось по 100 куколок.

Во всех случаях подопытный материал был однородным, для этого куколок брали в первый день окукливания и приблизительно одинакового веса (разница в весе составляла не более 10 *мг*). Куколок разделили по половому признаку, отдельно исследовали реакцию самцов и самок на различные фототермические условия.

Количество жира определяли по методу Сокслета и выражали в процентах к сухому весу куколок. Весь цифровой материал обработан вариационно-статистическим методом, за достоверные принимали результаты, погрешность которых не превышала 5%.

Исследование биохимических процессов доказывает, что тутовый, дубовый и непарный шелкопряды — и самцы, и самки — в фазе куколки используют для покрытия своих потребностей в питательных веществах и энергии резервы, накопившиеся в фазе личинки. Но особи разного пола используют эти резервы неодинаково.

В процессе индивидуального развития куколки содержание жира в ее организме изменяется. Характер превращения жира в период метаморфоза у куколок тутового и непарного шелкопрядов и в период активного развития у куколок дубового шелкопряда очень сходен. Разница лишь в относительном количестве жира.

Больше всего жира в 1-й день развития куколок у тутового шелкопряда: у самок — 26,4%, у самцов — 44,1%, меньше — у непарного шелкопряда: у самок — 24,32%, у самцов — 30,79% и наименьшее количество жира наблюдается у дубового шелкопряда: у самок — 18,14%, у самцов — 29,87%.

По нашим данным, у куколок тутового, дубового и непарного шелкопрядов содержание жира различно у особей разного пола — у самцов его относительно больше. Исследованные виды шелкопрядов отличаются от некоторых других насекомых, у которых в организме самок жира больше, чем у самцов. Самки нуждаются в запасах жира главным образом для формирования яиц. Самцы в течение всего периода развития имеют большой запас жира и таким образом обеспечивают себя энергией, нужной в имагинальной фазе. Эти наши данные согласуются с данными С. Я. Демяновского и В. А. Зубовой (1956).

Несмотря на различное количество жира в процессе индивидуального развития куколок, характер жирового обмена у особей разного пола совпадает.

Изменения в ходе жирового обмена подчиняются определенным закономерностям. За время развития куколка-самка расходует около по-

ловины, а куколка-самец — одну треть первоначальных запасов жира. Наибольший расход наблюдается во вторую половину метаморфоза, это совпадает с резким усилением процессов газообмена, а также интенсивным снижением веса. В начале и конце фазы куколки используются преимущественно жиры, в середине — нежировые вещества, по-видимому, углеводы. Известно, что сгорание жиров требует большого количества кислорода, а в средний период фазы куколки, когда гистолиз наиболее резко выражен, поглощение кислорода уменьшается и необходимая энергия пополняется главным образом за счет гликогена.

Жир — один из показателей физиологического состояния организма насекомого и его устойчивости к неблагоприятным условиям среды. При сопоставлении расходования жира у куколок тутового, дубового и непарного шелкопрядов в зависимости от фототермических условий заметно большое сходство между этими видами (табл. 1, 2, 3). Так, куколки дубового и непарного шелкопрядов меньше всего жира расходуют при температуре 22°, а куколки тутового шелкопряда — при тем-

Таблица 1

Влияние фототермических условий на расходование жира у куколок дубового шелкопряда (%)

Темпераутра (в °С)	Время развития	Длительность освещения (в часах)					
		0		12		24	
		♀	♂	♀	♂	♀	♂
18	10 дней	19,39	13,74	22,38	1 ,18	26,30	15,60
	Весь период	45,02	24,98	47,13	26,64	49,26	28,79
22	10 дней	23,93	7,96	15,04	6,20	22,14	8,90
	Весь период	38,03	20,42	32,19	17,06	39,82	23,42
28	10 дней	25,96	15,17	20,26	14,68	30,16	18,01
	Весь период	55,93	28,90	50,46	25,72	60,18	32,49

Таблица 2

Влияние фототермических условий на расход жира у куколок непарного шелкопряда (в %)

Температура (в °С)	Время развития	Длительность освещения (в часах)							
		0		7		17		24	
		♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
16	5 дней	8,30	3,10	7,70	3,90	7,20	4,34	10,70	8,90
	Весь период	22,0	17,60	24,30	19,37	27,60	21,80	30,00	24,90
22	5 дней	11,80	8,07	8,90	7,60	7,50	6,97	12,30	10,60
	Весь период	24,80	17,40	22,90	13,40	20,00	11,30	26,50	20,40
28	5 дней	15,80	10,00	14,30	9,10	11,80	7,37	17,40	14,10
	Весь период	33,20	22,50	28,20	19,70	24,90	17,60	34,80	25,80
32	5 дней	17,00	13,50	15,60	9,70	13,20	12,70	19,20	15,80
	Весь период	39,10	25,60	35,60	22,50	37,00	23,40	40,80	29,50

Таблица 3

Влияние фототермических условий на расходование жира у куколок тутового шелкопряда (в %)

Температура (в °С)	Время развития	Длительность освещения (в часах): 0 ♀	0 ♂	2 ♀	2 ♂	7 ♀	7 ♂	12 ♀	12 ♂	24 ♀	24 ♂
16	5 дней	15,46	12,14	17,48	15,37	18,22	15,69	23,78	16,42	22,65	20,45
	Весь период	30,42	19,96	35,77	24,63	36,35	25,00	51,22	25,93	53,10	39,21
25	5 дней	19,35	13,17	15,84	12,06	11,05	10,77	12,69	9,36	16,31	14,94
	Весь период	36,70	20,25	33,16	19,69	25,33	18,00	24,26	16,35	42,19	28,11
28	5 дней	21,93	14,89	17,07	13,20	15,92	13,04	13,23	11,26	24,36	16,83
	Весь период	43,21	21,79	41,84	20,62	38,65	20,78	32,19	18,15	50,56	29,47
32	5 дней	25,61	19,35	19,55	17,39	16,15	12,86	15,38	15,75	27,22	20,80
	Весь период	53,66	35,52	45,29	27,18	39,18	26,44	42,63	29,52	57,07	34,28

пературе 25°. С повышением и понижением температуры расход жира увеличивается. Это еще раз свидетельствует о том, что в неблагоприятных условиях жир является основным энергетическим и питательным материалом. При температурах 28—32° куколки затрачивают почти в два раза больше жира, чем при температурах 22—25°, иначе говоря, под воздействием высоких температур обмен веществ повышается и, следовательно, требуется больше энергии.

Освещение влияет на жировой обмен у куколок изученных видов шелкопрядов при всех температурах. Однако при различных температурах воздействие светового режима неодинаково.

Так, при температуре 16—18° расход жира увеличивался при удлинении периода освещения в период развития. При повышении температуры от 22° до 32° он ослабевал в условиях 12—17-часового освещения и усиливался с увеличением или уменьшением длительности освещения. Особенно уменьшается количество жира при сочетании высокой температуры и круглосуточного освещения.

Таким образом, уровень жирового обмена определяется изменяющимися потребностями всего организма. Следует также отметить, что смертность куколок понижается в тех же условиях, в которых минимально расходуется жир.

ВЫВОДЫ

1. У исследованных видов чешуекрылых (тутового, дубового и непарного шелкопрядов) с различной биологией, относящихся к различным семействам, в фазе куколки содержание жира различно, но динамика жирового обмена полностью совпадает.

2. В начальный и конечный периоды развития и особенно во второй половине метаморфоза куколки расходуют значительно больше жира, чем в середине фазы.

3. Фототермические условия влияют на динамику жирового обмена. При низких температурах с увеличением длительности освещения продолжительность метаморфоза сокращается, а интенсивность жирового обмена несколько увеличивается. В условиях повышенных температур меньше всего жира расходуется при 12—17-часовом освещении.

4. На основании экспериментальных данных установлено, что куколки наиболее чувствительны к температуре и свету в последние дни развития, а наиболее устойчивы в середине метаморфоза.

ЛИТЕРАТУРА

Демяновский С. Я. и Зубова В. А. 1956. Жиры в организме дубового шелкопряда. Биохимия, т. 21, № 6.

Evans A. C. 1932. Some aspects of chemical changes during insect metamorphosis. J. Exp. Biol., v. 9.

Gere G. 1956. Untersuchung und produktions biologische Bewertung der chemischen und gewichtsmässigen veranderungen der Hyphantria cunea Drury wahnend ihrer Umwandlung. Zool. Jb. Abt. allg. Zool. u. Physiol. Tiere, Bd. 66, H. 4.

Его же. 1964. Change of weight, lipid and water content of Lymantria dispae L. with special regard to the chemical and energetic changes during insect metamorphosis and imaginal life. Acta biol., t. 15, f. 2.

Jansky L. 1955. Der Gesamtstoffwechsel der Insecten VI Änder rungen in den Fetten während der Entwicklung der Puppe von Muska domestica. Acta Soc. Zool. Bohemoslov., № 19.

Levenbook L. 1951. The variation in fat and glycogen content of the bot fl. (Gastrophilus intestinalis) larvae tracheal organ during development. J. Exp. Biol., v. 28.

Поступила 10.VII 1967 г.

DYNAMICS OF FAT METABOLISM IN PUPAE OF *BOMBYX MORI* L., *ANTHERAEA PERNYI* G. M. AND *PORTHETRIA DISPAR* L. UNDER DIFFERENT ECOLOGICAL CONDITIONS

N. N. Sinitsky, I. M. Kireeva

(Institute of Zoology, Academy of Sciences, Ukrainian SSR)

Summary

The authors studied the effect of light and temperature in various combinations on dynamics of fat metabolism in pupae of insects with different biology and belonging to various families: Bombicidae, Liparidae and Saturnidae.

The effect of a light factor on the development of pupae of *Bombyx mori* L., *Antheraea pernyi G. M.* and *Porthetria dispar* L. was studied in the following variants: twenty-four-hour illumination, illumination during 17, 12, 7 hours and twenty-four-hour darkness. In each variant the investigation of the effect of the photothermal conditions on pupa development was carried out at temperatures of 16, 18, 22, 25, 28 and 32°.

As a result of the investigations it is established that in the investigated species of Lepidoptera a community is found in proceeding some physiological processes at the pupa stage. The pupae of the investigated species differ in the quantitative fat content while the type of changing fat metabolism completely coincides. During the initial and terminal periods of pupa development a considerable amount of fat is spent, at intermediate period the fat expenditure remains low. The highest fat expenditure is observed at the second part of metamorphosis. Photothermal conditions affect the dynamics of fat metabolism in pupae.

At low temperatures with a prolongation of illumination period the metamorphosis duration is reduced and intensity of fat metabolism dynamics is somewhat increased. Under conditions of elevated temperature the minimal expenditure of general fat amount is observed under condition of 12—17 — hour illumination.

On the basis of the experimentary data on fat metabolism dynamics depending on photothermal conditions, it is established that the pupa of the last days of development are mostly sensitive to the temperature and light and during the intermediate period of metamorphosis they are mostly resistant to those factors.